

特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年10月 2日

出願番号

Application Number:

特願2001-305926

[ST.10/C]:

[JP2001-305926]

出願人

Applicant(s):

株式会社日立製作所

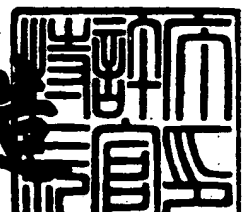
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2002年 3月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 H01014241A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 青木 雅博

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-153350

【出願日】 平成13年 5月23日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902691

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力光源となる半導体レーザと光変調器を制御するための電子デバイスの内の少なくとも一方と、前記半導体レーザの出力光を強度変調するための光変調器とが共通のガリウム砒素半導体基板上にモノリシックに形成され、この光デバイス内の信号光の波長は $1.15\mu\text{m}$ 以上 $1.62\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光通信装置。

【請求項 2】

前記光変調器は進行波型電極を有する光干渉型であることを特徴とする請求項 1 記載の光通信装置。

【請求項 3】

前記半導体レーザの活性層材料の構成元素はガリウム、砒素を有し、かつ、インジウム、アルミニウム、窒素、アンチモンの何れか一つを少なくとも含むことを特徴とする請求項 1 記載の光通信装置。

【請求項 4】

前記半導体レーザの活性層が量子井戸構造、量子細線構造又は量子ドット構造の少なくとも一つを有することを特徴とする請求項 1 記載の光通信装置。

【請求項 5】

前記光デバイス内の信号光の波長はガラス材料を用いた光ファイバで光信号伝送することが可能な値であることを特徴とする請求項 1 記載の光通信装置。

【請求項 6】

光デバイスとその光デバイスを制御するための電子デバイスとが同一ガリウム砒素半導体基板上に設けられ、前記光デバイスと前記電子デバイスとを電氣的に接続するための配線が前記基板上に設けられ、

前記光デバイスの活性層はGaInNAs量子井戸、GaInNAsSb量子井戸、GaAsSb量子井戸またはInGaAs量子ドットの少なくとも一つを含み、前記電子デバイスの能動層の材料にはInGaAs/InAlAs、InGaAlAs/InAlAsまたはInGaAs/ InPの材料組み合わせの内の少なくとも一つを含むことを特徴とする光通信装置。

【請求項 7】

前記電子デバイスは、半導体基板上に半導体からなるバッファ層を介して前記半導体基板結晶とは基板結晶面と平行方向の格子定数が1.0%以上異なる半導体薄膜結晶が積層されたものであり、かつ、格子不整合系結晶構造を有することを特徴とする請求項 6 記載の光通信装置。

【請求項 8】

前記バッファ層はガリウム砒素、アルミニウムガリウム砒素またはインジウムアルミニウム砒素の少なくとも一つを含むことを特徴とした請求項 7 記載の光通信装置。

【請求項 9】

前記半導体レーザの活性層材料の構成元素はガリウム、砒素を有し、かつ、インジウム、アルミニウム、窒素、アンチモンの何れか一つを少なくとも含むことを特徴とする請求項 6 記載の光通信装置。

【請求項 10】

前記半導体レーザの活性層は量子井戸構造、量子細線構造又は量子ドット構造の少なくとも一つを有することを特徴とする請求項 6 記載の光通信装置。

【請求項 11】

前記光デバイス内の信号光の波長はガラス材料を用いた光ファイバで光信号伝送することが可能な値であることを特徴とする請求項 6 記載の光通信装置。

【請求項 12】

ガリウム砒素半導体基板上に光デバイスのバッファ層および活性層を順次形成し、そのバッファ層および活性層の一部を除去した後に、その除去した部分に電子デバイスのバッファ層および活性層を順次形成するものであり、

前記光デバイスの活性層はGaInNAs量子井戸、GaInNAsSb量子井戸、GaAsSb量子井戸またはInGaAs量子ドットの少なくとも一つを含み、前記電子デバイスの能動層の材料にはInGaAs/InAlAs、InGaAlAs/InAlAsまたはInGaAs/ InPの材料組み合わせの内の少なくとも一つを含むことを特徴とする光通信装置の製造方法。

【請求項 13】

前記電子デバイスは、半導体基板上に半導体からなるバッファ層を介して前記半

導体基板結晶とは基板結晶面と平行方向の格子定数が1.0%以上異なる半導体薄膜結晶が積層されたものであり、かつ、格子不整合系結晶構造を有することを特徴とする請求項12記載の光通信装置の製造方法。

【請求項14】

前記バッファ層はガリウム砒素、アルミニウムガリウム砒素またはインジウムアルミニウム砒素の少なくとも一つを含むことを特徴とした請求項13記載の光通信装置の製造方法。

【請求項15】

前記半導体レーザの活性層材料の構成元素はガリウム、砒素を有し、かつ、インジウム、アルミニウム、窒素、アンチモンの何れか一つを少なくとも含むことを特徴とする請求項12記載の光通信装置の製造方法。

【請求項16】

前記半導体レーザの活性層が量子井戸構造、量子細線構造又は量子ドット構造の少なくとも一つを有することを特徴とする請求項12記載の光通信装置の製造方法。

【請求項17】

前記光デバイス内の信号光の波長はガラス材料を用いた光ファイバで光信号伝送することが可能な値であることを特徴とする請求項12記載の光通信装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光送信装置およびその製造方法又は光伝送装置に係る。更に詳しくいえば、半導体レーザとその駆動回路や、半導体レーザの出力光を外部変調する光学素子やその駆動回路の光・電子モノリシック集積回路(OEIC)に関連し、特に毎秒10ギガビット以上の高速光通信システムに適した光送信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光通信に用いられる光送信機の主要部品は直接変調方式の場合はレーザ光源およびレーザ駆動回路（ドライバ）である。また、外部変調方式の場合はこれにレーザ光源、光変調器および光変調器駆動回路（ドライバ）である。これらの基本部品は、シリカ系光ファイバを伝送路に用いる観点から、動作波長を $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯に設定している。

一方、伝送速度に関しては毎秒10ギガビットは実用段階に達しており40ギガビットの実用が本格化しつつある。これらの超高速光送信機内では、光・電子部品間を高速電気信号で接続する必要があるが、特に40ギガビット級以上の高速変調の場合、光・電子部品間電気接続が送信機の高速度性能を決定する。このため、高速実装技術が性能を決定する重要な課題となっている。これを根本的に解決する手法として、光・電子部品のモノリシック集積化が考えられる。これまでに、インジウム燐基板を用いた、毎秒40ギガビット動作可能な光検出器と前段増幅器を集積化の報告例（第25回オプティカル・ファイバ・コミュニケーション国際会議：OFC2000、論文FG4）がある。また、ガリウム砒素基板上にガリウム・インジウム・窒素・砒素からなる半導体結晶を用いて、ガリウム砒素系電子素子と $1.3\mu\text{m}$ 以上の波長帯で動作可能な半導体レーザまたは光検出器との集積化に関する公知例（特開平09-213918）がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

これら光・電子集積回路の場合、ウェハ工程中に光・電子部品間電気接続が精度良く実現されるため上記の問題が解決可能である。一方、これを光通信用途である波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯で実現する場合は、対応するバンドギャップエネルギーの観点から従来のインジウム燐基板の適用が必須であった。しかし、元素の半数をクラーク指数の低いインジウムで構成されるインジウム燐基板は、シリコン基板やガリウム砒素基板に比べ遥かに高価である事に加え、実用に広く供されている基板サイズが3インチ以下と小さい。この点が、インジウム燐基板を用いた光・電子集積回路の普及を阻害する一因となりつつある。一方、6インチまでの大口径化が現時点で可能なガリウム砒素基板を用いた光・電子集積回路は、高性能性、経済性の観点でインジウム・燐より遥かに優れているが、対応

可能な動作波長が、 $1.2\mu\text{m}$ 以下であり、シリカ系光ファイバを使った光通信用途には適さない。また、インジウム含有量の大きいインジウム燐系結晶と比べるとガリウム砒素系結晶では電子の移動度が小さく、電子デバイスの高速化の観点からは超高速動作に適した材料とは言えない状況にある。

一方、光変調方式に着目すると毎秒40ギガビットの超高速光伝送においては、レーザ光源を光変調器を用いて強度変調する外部変調方式が主流となると考えられる。光ファイバの分散と光源の周波数揺らぎで決定されるファイバ伝送距離の観点から、周波数揺らぎの大きなレーザの直接変調方式では通常のシリカファイバでの伝送可能距離が数km以下に制限されるためである。

【0004】

従って本発明の主な目的は、特に、光・電子集積回路を用いた高速光通信システムに関連し、特に経済性が高く、ファイバ伝送可能距離の長い光送信装置を実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明ではガリウム砒素基板を用いて通信用途の波長帯で動作する光・電子集積回路の構成法を考案した。また、外部変調器をもガリウム砒素基板上に形成することにより、ファイバ伝送距離拡大に不可欠となる外部変調方式に対応可能な光・電子集積回路の構成法を考案した。また、特に、用いる電子・光素子の活性層材料・構造に工夫をなすことにより、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯での動作を実現すると共に、電子デバイスの超高速化を可能とした。ガリウム・砒素、インジウム・燐の特長と電子、光デバイスに適用した場合の活性層構成材料の比較を表1に示した。

【0006】

【表 1】

表1

結晶 基板	コスト比 (単位面積)	寸法	硬度	光デバイス 活性層材料 (ファイバ通信用途)	電子デバイス 活性層材料 (チャネル層/電子供給層)	電子 デバイス バッファ材料
GaAs	1	6inch	750	GaInNAs量子井戸 GaInNAsSb量子井戸 GaAsSb量子井戸 InGaAs量子ドット	GaAs/AlGaAs InGaAs/AlGaAs InGaAs/InGaP	格子整合 (擬似格子整合系含む) GaAs/Al _x Ga _{1-x} As
					InGaAs/InAlAs InGaAs/InP	格子不整合 (メタルワイヤ) In _y Ga _{1-y} As/In _z Al _{1-z} As
InP	5	3inch	530	InGaAsP量子井戸 InGaAlAs量子井戸	InGaAs/InAlAs InGaAs/InP	InP In _{0.52} Al _{0.48} As

表に示すように、基板口径（「寸法」として表示してある）、基板コスト（コスト比で表示してある）に関してガリウム・砒素基板のインジウム・燐基板に対する優位性は明らかである。従って、ガリウム・砒素基板上に光ファイバ通信に好適な波長帯、すなわち波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯の光源材料と電子デバイス材料を集積化できれば、光通信用光・電子集積素子の抜本的な低コスト化が達成できる。

【0007】

大口径で面積当りのコストがインジウム・燐基板に比べてはるかに安いガリウム・砒素基板上に波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する光・電子集積素子を実現するための、光デバイス、電子デバイスの構成材料を表1に纏めている。1. $3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 波長帯光源デバイスはガリウム・インジウム・窒素・砒素、ガリウム・インジウム・窒素・砒素・アンチモン、ガリウム・砒素・アンチモンを用いた量子井戸構造やガリウム・インジウム・砒素を用いた量子ドット構造を用いてガリウム砒素基板上に形成できる。一方、電子デバイスは、擬似格子整合系を

含む格子整合系と格子不整合系（メタモルフィック系）それぞれ場合に関し、表 1 に示すような、チャンネル層、キャリア供給層の材料組み合わせで構成可能である。この知見を用いて、半導体レーザ光源、光変調器等の光学部品とこれらを電氣的に駆動するドライバ回路とをガリウム砒素基板上にモノリシック集積化ことにより、シリカファイバを用いた光通信に好適な波長帯で動作可能な光・電子集積回路の実現が可能となる。特にメタモルフィック系を適用すれば、従来インジウム・燐基板上に形成していた超高速電子素子をガリウム・砒素基板上に形成できるため、従来のガリウム・砒素基板上の光・電子集積素子の動作速度を抜本的に向上可能となる。

【 0 0 0 8 】

図1は個別光・電子部品をハイブリッド実装した従来の構成法である。図 1 に示すように、従来の光送信装置の構成は、半導体レーザ光源101、光変調器102の間を光ファイバ103で光接続した光学構成である。また、多重化回路105と変調器ドライバ104は高周波線路106を用いて外付け接続されており、変調器ドライバ104は同様に光変調器102に外付け接続される。この構成では、光結合効率の低下もさることながら、良好な高周波電気信号の伝達特性を得ることが課題となる。周波数帯が40GHz程度以上になった場合には、特に顕著となる。図 2 は本発明による光伝送装置の概念図を示す図であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の導波路型光変調器を内蔵した光送信装置の構成を示したものである。同図において、図 1 の従来構成における半導体レーザ光源101、光変調器102モノリシック集積、変調器ドライバ104の三者を廉価・大口径なガリウム砒素基板上にモノリシック集積化している。ここで、この光・電子モノリシック集積素子110は、半導体レーザ部111、光変調器部112、光変調器駆動回路部113で構成される。多重化回路105と光変調器駆動回路部113は高周波線路106を用いて外付け接続されている。この三者のモノリシック集積化により、装置小型化、低消費電力化だけではなく、特に高周波電気信号の伝達特性を大きく改善することができる。103は光信号を取り出す光ファイバである。多重化回路105はこの構成では、別体としたが、本発明の手法によりモノリシック集積化することも可能である。次に、前記光・電子モノリシック集積素子110の具体的な構造、作製手法に関し、実施の形態を例に取り説明す

る。

【 0 0 0 9 】

【発明の実施の形態】

<実施の形態 1>

初めに本実施の形態の実現手法に関し、分布帰還型レーザとその高電子移動トランジスタ構造の駆動回路をメタモルフィック成長により集積した例に関し説明する。図 3 (a)~(c)および図 4 (a)、(b)は本光・電子集積素子の作製工程の内、発明の主要部である結晶成長工程のフローである。工程は大きく分けて、半導体レーザ結晶の成長[図 3 (a)、(b)]、半導体レーザ結晶の部分除去[図 3 (c)]、駆動回路結晶の成長[図 4 (a)] および駆動回路結晶の部分除去[図 4 (b)]からなる。図 3 (a)に示すように、大口径半絶縁性ガリウム・砒素基板901上に、固体原料分子線結晶成長法を用いて、50nm厚のn型インジウム・ガリウム・燐エッチング停止層902、300nm厚n型ガリウム・砒素バッファ層903、700nm厚n型ガリウム・砒素バッファ層904、100nm厚アンドープガリウム・砒素下側光ガイド層905、アンドープガリウム・インジウム・窒素・砒素を量子井戸層、アンドープガリウム・砒素を量子障壁層に持つ3周期の多重量子井戸層906、100nm厚アンドープガリウム・砒素上側光ガイド層907、30nm厚p型ガリウム・アルミニウム・砒素エッチング停止層908、50nm厚p型ガリウム・インジウム・燐回折格子スペーサ層909、50nm厚p型ガリウム・砒素回折格子供給層910、10nm厚p型ガリウム・インジウム・燐キャップ層911を順次成長する。続いて、周期201nmの回折格子を公知の干渉露光法とウェットエッチングを用いて形成する。この後、有機金属気層成長法により、1500nm厚p型ガリウム・インジウム・燐クラッド層912、300nm型高濃度ガリウム・砒素電極コンタクト層913が回折格子層を覆うように成長する[図 3 (b)]。これにより、1.3 μ m帯分布帰還型レーザの結晶構造が完成する。

【 0 0 1 0 】

次に、酸化シリコンマスク913をレーザストライプが後に形成する領域近傍に形成した後、ウェットエッチングを用いて、上述の結晶成長層をエッチングする。ウェットエッチングとしては、硫酸、過酸化水素、水の混合溶液を用いて、砒素を含む結晶層を、塩酸と燐酸の混合溶液を用いて、ガリウム・インジウム・燐

層をそれぞれ選択的にエッチング除去する。最終的に図 3 (c)に示すように、n 型インジウム・ガリウム・燐エッチング停止層902にてエッチングが終了する。

【0 0 1 1】

続いて、レーザ駆動回路用の結晶を成長する。ガス原料分子線結晶成長法を用いて、図 4 (a)に示すように、50nm厚のアンドープガリウム・砒素バッファ層921、50nm厚のアンドープアルミニウム・砒素バッファ層922、インジウム組成を0から0.5まで線形に変化させた、組成傾斜インジウム・アルミニウム・砒素グレーデッドバッファ層1000nm923、200nm厚でインジウム組成0.5のアンドープインジウム・アルミニウム・砒素バッファ層924、5nm厚のインジウム・燐エッチング停止層925、5nm厚のアンドープインジウム・砒素・燐層926、20nm厚でインジウム組成0.5のアンドープインジウム・ガリウム・砒素層927の3層からなるチャネル層、2nm厚でインジウム組成0.5のアンドープインジウム・アルミニウム・砒素スペーサ層928、12nm厚でインジウム組成0.5のn型インジウム・アルミニウム・砒素キャリア供給層929、10nm厚でインジウム組成0.5のアンドープインジウム・アルミニウム・砒素スペーサ層930、10nm厚でインジウム組成0.5の高濃度n型インジウム・ガリウム・砒素電極コンタクト層931を順次再成長する。この際、酸化シリコンマスク914上には、上記レーザ駆動回路用の結晶の一部が、多結晶化して堆積するが、公知の手法によりこの多結晶部932を取り除くことが可能であり、最終的には図 4 (b)に示すような、同一のガリウム・砒素基板上にファイバ光通信に好適な波長 $1.3\mu\text{m}$ にて発光する光学結晶による半導体レーザとレーザ駆動回路とがモノリシック化された集積構造を得る。このように、上記のような結晶構成を用いることで、従来不可能とされてきたガリウム・砒素基板上の光・電子集積素子をファイバ光通信に用いることが可能となる。

【0 0 1 2】

尚、本実施の形態では電子素子として高電子移動トランジスタ構造を例に説明したが、他の電界効果トランジスタ構造やヘテロバイポーラトランジスタを用いても本発明の同様の効果が得られることを付記する。

<実施の形態 2>

図 5 は、実施の形態 1 でその結晶構造、作製手法を説明した波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の半

導体レーザとその駆動回路とをガリウム砒素基板上にモノリシック集積化した構成を示す上面図である。ガリウム砒素基板301上に形成される構成素子は大きく分けて、半導体レーザ部302、レーザ出力を導くための外部導波路部303、およびレーザの駆動回路304からなる。ここでは外部導波路部303は、半導体レーザ部302とレーザの駆動回路304の寸法が大きく異なるために付加的に集積したものであり、無くても構わない。図中、306はレーザ上部電極、307は出力導波路、308は駆動信号の出力部、309は基板接地部、310駆動信号の入力部、311はインピーダンス整合抵抗をそれぞれ表す。ここで、半導体レーザは、ガリウム・インジウム・窒素・砒素を量子井戸層、回折格子305を持つ波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の分布帰還型レーザである。ガリウム・インジウム・窒素・砒素材料を適用することにより、ファイバ伝送に好適な波長にて発光する半導体レーザのガリウム砒素基板上へのモノリシック集積化が初めて可能となる。駆動回路304はインジウム・ガリウム・砒素を能動層にもつヘテロバイポーラトランジスタまたは高電子移動度トランジスタを用いた集積回路から構成される。駆動回路304の下地材料としてはガリウム砒素をそのまま用いてもよいし、公知のメタモルフィック成長によりガリウム砒素上に成長したインジウム燐を用いてもよい。駆動回路304の高周波出力は駆動信号の出力部308、インピーダンス整合抵抗311を介して直接半導体レーザ部302に印加される。ここで、この出入力形態は集積回路技術により電氣的接続が好適となるよう予め設計されている。具体的には、高周波線路の特性インピーダンスを 50Ω 近傍となるように公知技術を用いて容易に設定可能である。従って、駆動回路304、半導体レーザ部302間の電気信号の反射特性が再現性良く良好である。

【 0 0 1 3 】

また新たな特長として、チップの温度制御装置を本構成にて用いた場合、駆動回路304、半導体レーザ部302両者間で温度制御装置を共有できるため、送信装置の小型化、経済化を図ることができる。本構成によれば特に、毎秒40ギガ以上の高速直接変調を用いた小型光送信装置を実現することができる。

<実施の形態 3>

図6は、実施の形態1の分布帰還型レーザを面発光型レーザに置き換えた場合

の実施形態を示す上面図である。本実施形態は、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の光伝送装置を作製した例である。実施の形態 2 と同様に、面発光型レーザの活性層はガリウム・インジウム・窒素・砒素を量子井戸層とした多重量子井戸構造であり、発振波長は $1.3\mu\text{m}$ 近傍である。面発光レーザの構造は、上記多重量子井戸構造の上下に半導体分布ブラック反射器を配置した公知の構成である。本実施の形態の場合、上記面発光型レーザの電気抵抗が約 90Ω と非常に大きいため、高周波線路の特性インピーダンスを 100Ω 近傍に設定している。このため、駆動回路 404 の出力インピーダンスやインピーダンス整合抵抗 411 もこれに合わせた設計となっている。本構成によれば特に、毎秒 10 ギガ以上の高速直接変調を用いた小型光送信装置を実現することができる。

<実施の形態 4>

図 7 は、 $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 両波長帯で動作するの干渉型光変調器 703 とその駆動回路 704 とをガリウム砒素基板 701 上にモノリシック集積化した構成を示す上面図である。干渉型光変調器 703 は、高周波線路 707 に周期的に配置された変調器電極 708 を接続した進行波型電極を有する。変調器の光制御層は、少なくともガリウム・砒素、インジウム・ガリウム・砒素、アルミニウム・ガリウム・砒素の何れか二材料から構成される。層構造としては、バクル層、量子井戸層どちらでも構わないが、後述する変調器駆動電圧特性は量子井戸層の場合が優れる。光干渉導波路は、入出力導波路にそれぞれ合分波器 710 が接続された公知の構成である。

【0014】

駆動回路 704 はインジウム・ガリウム・砒素を能動層にもつヘテロバイポーラトランジスタまたは高電子移動度トランジスタを用いた集積回路から構成される。駆動回路 704 の下地材料としてはガリウム砒素をそのまま用いてもよいし、公知のメタモルフィック成長によりガリウム砒素上に成長したインジウム燐を用いてもよい。駆動回路 704 の高周波出力は通常データと同振幅で極性が反転したデータが一对の駆動信号の出力部から一对の高周波線路 707 の直接導かれる。一对の高周波線路 707 の実効長が互いに異なる場合には、遅延器 713 を挿入し、一对の光干渉導波路の位相を整合することも一手法であるが、本発明の本質ではない。本構成により高周波出力はその後、上記の進行波型電極に効率良く供給され、干

渉型光変調器のいわゆるプッシュプル動作を実現することができる。

【 0 0 1 5 】

実施の形態 2 と同様に、チップの温度制御装置を本構成にて用いた場合、駆動回路 304、半導体レーザ部 302 両者間で温度制御装置を共有できるため、送信装置の小型化、経済化を図ることができる。本構成によれば特に、毎秒 40 ギガ以上の高速外部変調を用いた小型光送信装置を実現することができる。

< 実施の形態 5 >

図 8 は、実施の形態 3 の集積回路構成に、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯で動作する半導体レーザ光源 502 をモノリシック集積化した形態である。

ここで、半導体レーザ 502 は、ガリウム・インジウム・窒素・砒素を量子井戸層、回折格子 505 を持つ波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の分布帰還型レーザである。ガリウム・インジウム・窒素・砒素材料を適用することにより、ファイバ伝送に好適な波長にて発光する半導体レーザのガリウム砒素基板上へのモノリシック集積化が初めて可能となる。これにより、実施の形態 4 に記述した効果にさらなる送信装置の小型化を図ることができる。

【 0 0 1 6 】

また、本実施の形態において干渉型光変調器 703 の駆動回路 704 が無い場合には、ガリウム砒素基板上にレーザ光源と外部光変調器とがモノリシック集積された光集積素子が形成されることを付記する。

【 0 0 1 7 】

以上のように、ガリウム・インジウム・窒素・砒素材料を光源に用いてガリウム・砒素基板上に光ファイバ通信に好適な波長帯で動作する、光・電子集積回路を実現し、これにより光送信装置の、高性能化、小型化、経済化が達成できることを示した。波長帯に関しては、現時点で実現が確認されている $1.3\mu\text{m}$ 帯に関して記述したが、窒素組成を増大させることにより、 $1.55\mu\text{m}$ 帯に波長域を拡張できることを付記する。また、発光材料として、ガリウム・インジウム・窒素・砒素の他に、ガリウム・砒素・アンチモンやガリウム・インジウム・窒素・砒素・アンチモン材料でも本発案と同様な効果が得られることを付記する。また、ガリウム・インジウム・砒素やガリウム・インジウム・窒素・砒素の量子細線構造や

、量子ドット構造を用いた場合においても本発案と同様な効果が得られることを付記する。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】

本発明の実施例による光送信装置によれば、従来のインジウム・燐基板に比べ大口径で、経済性に優れたガリウム・砒素基板を用いて、高速光通信システムに適した光・電子集積回路を実現することができる。特に、通常のシリカファイバの波長窓である $1.3\mu\text{m}$ 帯、 $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する光・電子集積回路を実現できる。この結果、これを用いた高速光通信システムの小型化、高性能化、経済化を容易に実現できる。特に、経済性に関しては、従来のインジウム・燐を用いた場合に比べ約1桁の改善効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来の光送信装置の構成概念を示す上面図である。

【図2】

本発明の光送信装置の構成概念を示す上面図である。

【図3】

本発明の光・電子集積素子の結晶成長工程のフローを示した図である。

【図4】

本発明の光・電子集積素子の結晶成長工程のフローを示した図である。

【図5】

波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯分布帰還型レーザとその駆動回路とをモノリシック集積化した実施の形態を表す上面図である。

【図6】

波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯面発光型レーザとその駆動回路とをモノリシック集積化した実施の形態を表す上面図である。

【図7】

$1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 両波長帯で動作する干渉型光変調器とその駆動回路とをモノリシック集積化した実施の形態を表す上面図である。

【図 8】

波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の分布帰還型レーザ、干渉型光変調器とその駆動回路とをモノリシック集積化した実施の形態を表す上面図である。

【符号の説明】

9 0 1…大口径半絶縁性ガリウム・砒素基板、9 0 2…n型インジウム・ガリウム・燐エッチング停止層、9 0 3…n型ガリウム・砒素バッファ層、9 0 4…n型ガリウム・砒素バッファ層、9 0 5…アンドープガリウム・砒素下側光ガイド層、9 0 6…ガリウム・インジウム・窒素・砒素多重量子井戸層、9 0 7…アンドープガリウム・砒素上側光ガイド層、9 0 8…p型ガリウム・アルミニウム・砒素エッチング停止層、9 0 9…p型ガリウム・インジウム・燐回折格子スペーサ層、9 1 0…p型ガリウム・砒素回折格子供給層、9 1 1…p型ガリウム・インジウム・燐キャップ層、9 1 2…p型ガリウム・インジウム・燐クラッド層、9 1 3…p型高濃度ガリウム・砒素電極コンタクト層、

9 1 4…酸化シリコンマスク、

9 2 1…アンドープガリウム・砒素バッファ層、9 2 2…アンドープアルミニウム・砒素バッファ層、9 2 3…組成傾斜インジウム・アルミニウム・砒素グレーデッドバッファ層、9 2 4…アンドープインジウム・アルミニウム・砒素バッファ層、9 2 5…インジウム・燐エッチング停止層、9 2 6…アンドープインジウム・砒素・燐層、9 2 7…アンドープインジウム・ガリウム・砒素層、9 2 8…アンドープインジウム・アルミニウム・砒素スペーサ層、9 2 9…n型インジウム・アルミニウム・砒素キャリア供給層、9 3 0…アンドープインジウム・アルミニウム・砒素スペーサ層、9 3 1…高濃度n型インジウム・ガリウム・砒素電極コンタクト層、9 3 2…多結晶部、

1 0 1…光源（半導体レーザ）、1 0 2…光変調器、1 0 3…光ファイバ、1 0 4…光変調器駆動回路（ドライバ）、1 0 5…多重化回路、1 0 6…高周波電気信号線（RFライン）、1 1 0…光電子集積素子、1 1 1…半導体レーザ部、1 1 2…光変調器部、1 1 3…光変調器駆動回路部、

3 0 1…ガリウム・砒素基板、3 0 2…分布帰還型レーザ部、3 0 3…出力導波路部、3 0 4…レーザ駆動回路、3 0 5…回折格子、3 0 6…レーザ電極、3 0

7…出力導波路、308…モノリシック高周波ライン、309…接地面、310…電気入力部、311…インピーダンス調整抵抗、

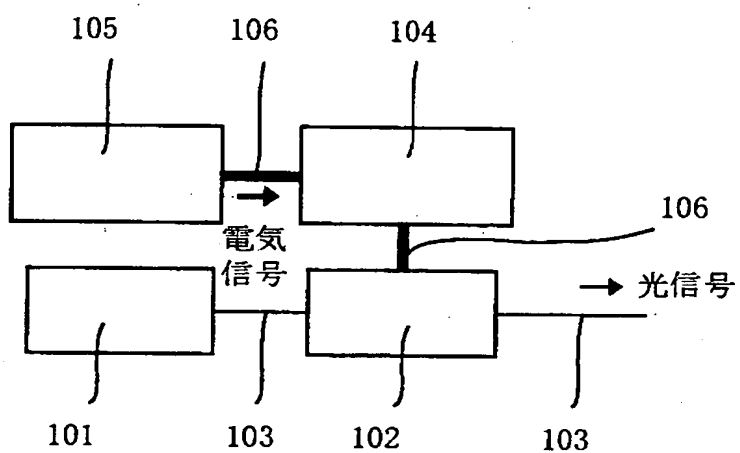
401…ガリウム・砒素基板、402…面発光型レーザ部、404…レーザ駆動回路、405…レーザ電極、408…モノリシック高周波ライン、409…接地面、410…電気入力部、411…インピーダンス調整抵抗、701…ガリウム・砒素基板、703…干渉型光変調器部、704…光変調器駆動回路、707…モノリシック高周波線路、708…周期配置変調器電極、709…インピーダンス終端抵抗、710…光合分波器、711…電気入力部、712…接地面、713…位相遅延器、

501…ガリウム・砒素基板、502…分布帰還型レーザ部、503…干渉型光変調器部、504…光変調器駆動回路、505…回折格子、506…レーザ電極、507…モノリシック高周波線路、508…周期配置変調器電極、509…インピーダンス終端抵抗、510…光合分波器、511…電気入力部、512…接地面、513…位相遅延器。

【書類名】 図面

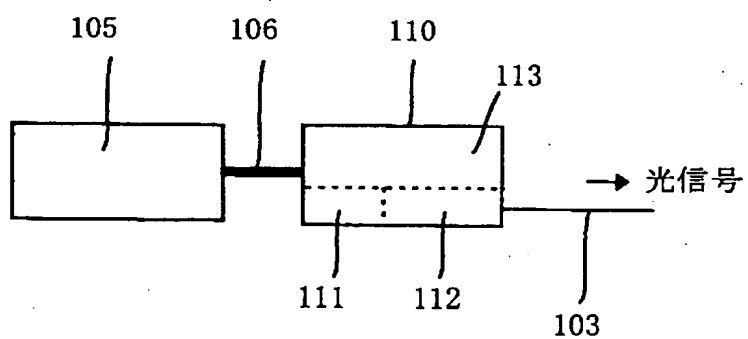
【図 1】

図1



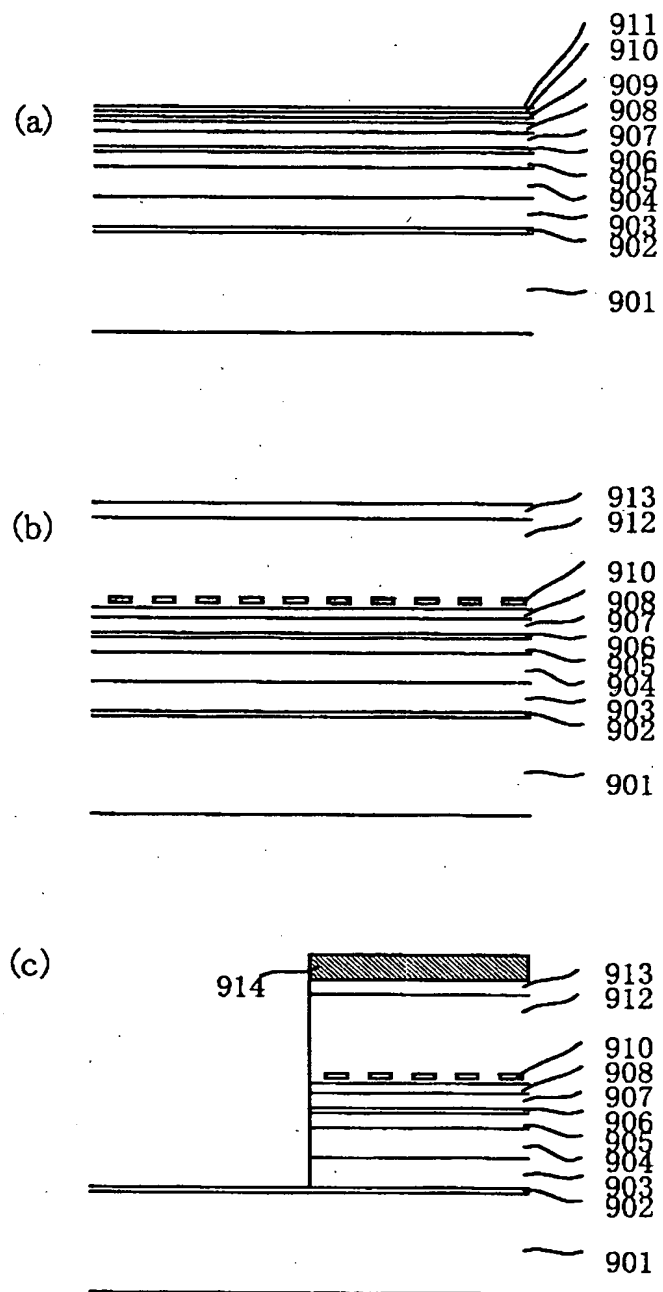
【図 2】

図2



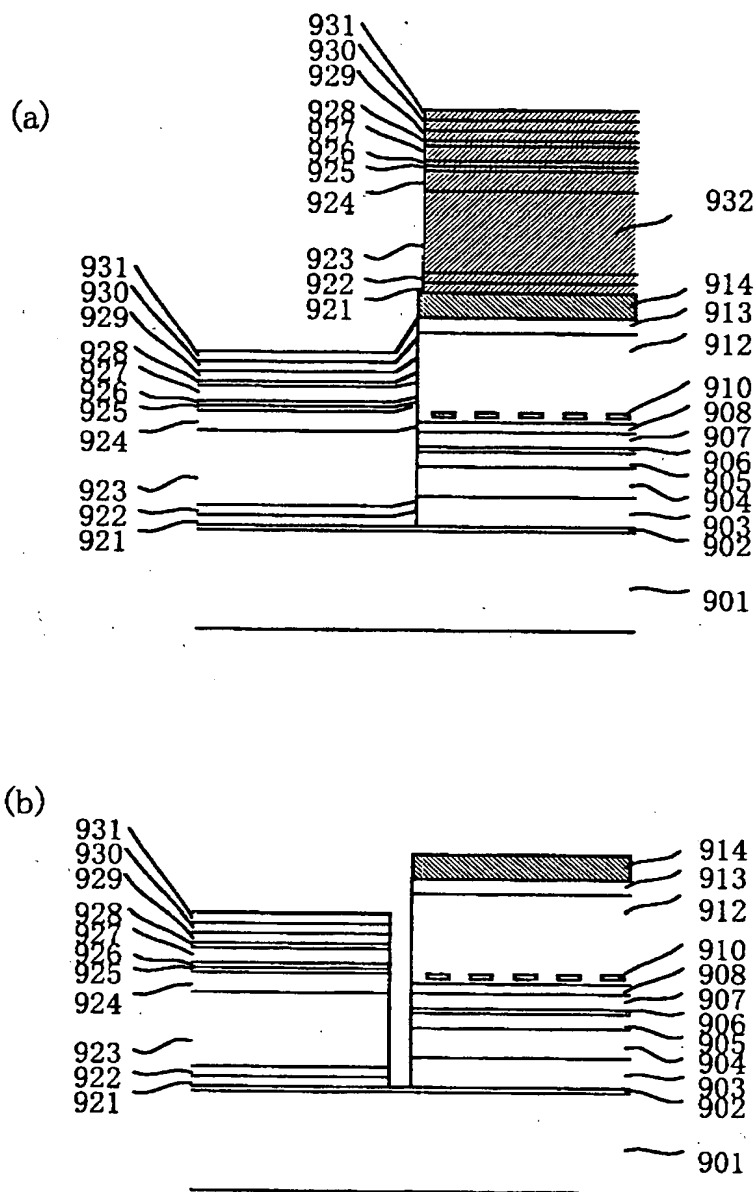
【図3】

図3



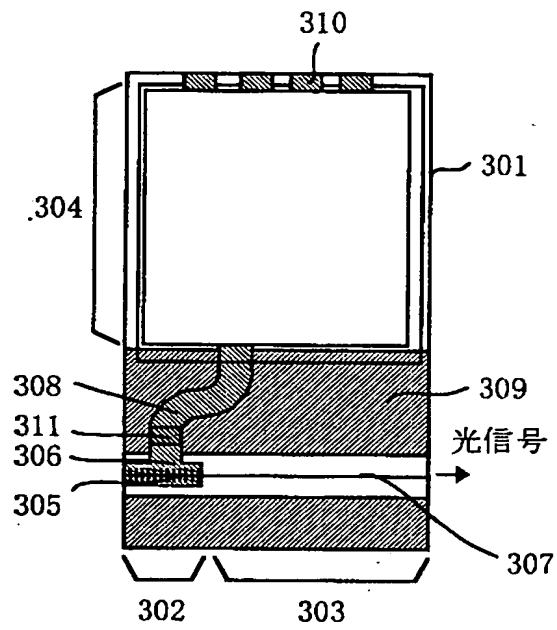
【図 4】

図 4



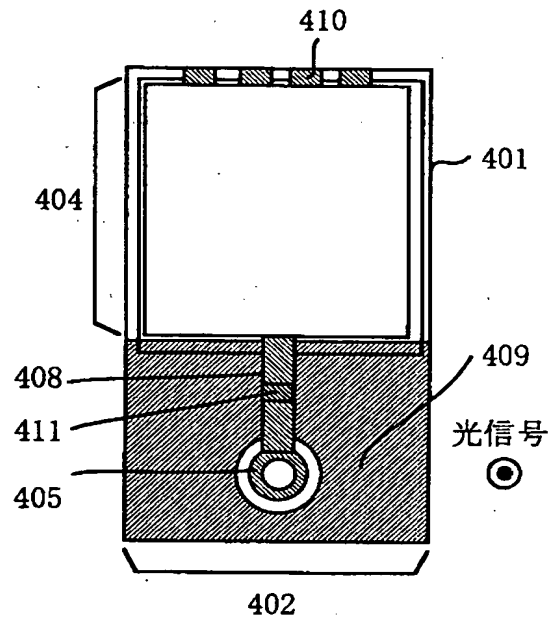
【図 5】

図 5

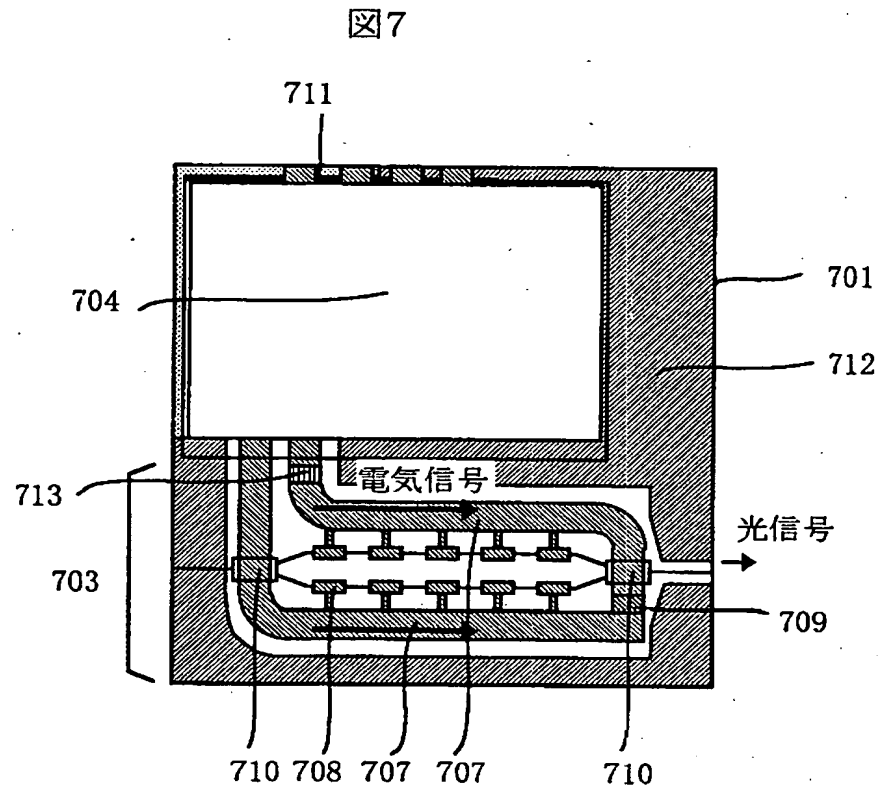


【図6】

図6

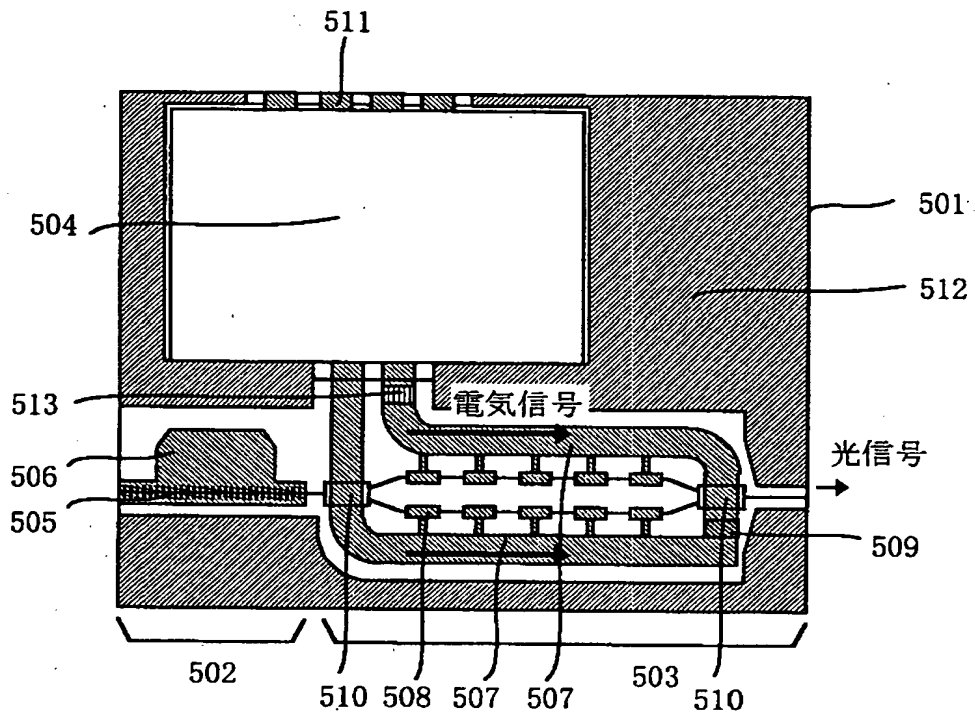


【図 7】



【図 8】

図 8



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 開示技術の主な課題は、特に、光・電子集積回路を用いた高速光通信システムに適し且つ経済性の高い光送信装置を実現することである。より具体的には、高価なインジウム・燐半導体基板を用いしないで、光・電子集積回路を実現し光送信装置を小型化、高性能化、経済化することである。

【解決手段】 上記課題を達成するために、本発明ではガリウム砒素基板を用いて通信用途の波長帯で動作する光・電子集積回路の構成法を考案した。特に、用いる光素子の活性層材料・構造に工夫をなすことにより、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯または $1.55\mu\text{m}$ 帯での動作を実現した。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-305926
受付番号	50101456839
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成13年10月 5日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年10月 2日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所